養液栽培技術講習會專刊　第二輯 44～59, 1989

作物的營養特性及影響養液組成之因素

沈再發　許森森*

一、前　　言

培養液之組成與濃度為養液栽培最重要軟體之一，此組成濃度的決定方法，大致可分為四種：第一，依據生育良好而豐收的植物體、土壤分析後，以該組成經再試驗後確定為最適者。第二、依據培養液的構成要素分成陽離子和陰離子，行各離子間各種比率的組合試驗，以表現最好之培養液組成和濃度所算出者。第三、依據作物的生長階段詳細調查其養分和水分的吸收量，將此養分吸收之型態（patern）以決定其組成和濃度者。第四、重視培養液吸收過程和吸收之型態，以培養液的管理方式來調整為重點者。在目前實際應用上較有名的Hoagland和Arnon培養液和日本之園藝試驗場處方為屬於第一種方法。日本之名城大學高野依離子別所作成之培養液屬於第二方法。日本山崎以養液的穩定性管理為出發點所作成之作物別培養液為第三種方法。而為使某些要素加重其吸收而出發點的神奈川園藝試驗場處方，番茄缺鈣而重鈣的濃度所作成的培養液，就是屬於第四種方法。以上之培養液組成濃度列於表一供參考。

上述所發展出來的各種培養液，於農家之實用階段通常培養液之管理以pH和EC（電導度）計測定，但是經長期間栽培後，培養液之組成發生變化機會很大，致使培養液之pH或EC不穩定，而需要行酸或鹼處理或濃度之調整。於變化劇烈時，就得將培養液全部或一部份予以更新。此種培養液組成之變化，主要發生於作物本身之營養特性與培養液之組成的不適合。有關作物之營養特性及影響養液組成之因素，不僅是依作物之種類和其生育階段而有異，環境條件（光線、溫度等）、栽培的方式、及栽培的季節等都有密切關係。本文就上述項目提出說明，供今後發展之參考。

二、作物對氮素形態的營養特性

氮素的供給形態主要有NO_3—N和NH_4—N兩種。NO_3^-為陰離子，而NH_4^+為陽離子。土壤粒子對NO_3^-不具吸著性，因此下雨或灌水時容易造成流失。NO_3^-於作物吸收後，需在體內還原NH_4^-後才能進入氮素的同化作用。因爲NO_3^-還原時就得消耗能源，而NH_4^+被吸收的話，就可直接同化利用。但是蔬菜體內吸收多量的NO_3^-時，生育上並不造成障害，而NH_4^+如果單獨使用或過量為作物吸收，則易引起生育障害。同時NH_4^+對其他的陽離子如鈣、鎂、鉀等陽離子的吸收具有拮抗作用。如番茄的尻腐病（Blossom-end rot），萵苣、草莓等之發生頂燒病（Tip-burn）的生理障害，常是鈣的吸收被抑制的結果。一般養液栽培以NO_3—N為主，以日本之園藝試驗場培養液，其氮素中硝酸態為16me/ ℓ，而氨態則僅為1.3me/ ℓ。因為肥料中硝酸鉀（KNO_3）和硝酸鈣Ca（NO_3）$_2$為硝酸態氮（NO_3）的來源，於是培養液中欲變更氮的濃度的話，鉀或鈣的濃度也隨而變化。同時以NO_3—N的培養液經栽培作物後通常pH易升高，葉的顏色也較為淡綠色

---

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所研究員兼分所長及助理

，新葉或新梢容易折斷。如果有適當的NO_3/ NH_4比率，則不但可避免上述之缺點，而且可促進作物之生育。

作物對NO_3—N或NH_4—N之吸收，依種類和pH之不同有優先的或選擇的吸收特性。依池田等將蔬菜之氮素的吸收特性分成如表二。

表一 各種培養液之多量要素濃度（me/ l）

	NO_3-N	P	K	Ca	Mg
Arnon 及 Hoagland	16	6	10	6	4
日本園試處方	16	4	8	8	4
日本神園處方	10	4	6	10	4
山崎處方（番茄）	7	2	3	2	2
高野處方	13	4	6	7	4.4

表二 蔬菜之氮素的吸收特性分類（池田、大沢1981）

pH	優先吸收 NH_4	優先吸收 NO_3	NO_3與 NH_4 之吸收相等
5	玉米、芹菜、草莓、洋香瓜、鴨兒芹、胡瓜、茼蒿、萵苣	豌豆、菠菜、西瓜、白菜、菜豆、甘藍、番茄、小蕪菁、甜椒	茄、毛豆
7	玉米、萵苣、草莓、芹菜、洋香瓜、茼蒿、胡瓜、鴨兒芹、毛豆、茄、甜椒	菠菜、白菜、小蕪菁	菜豆、甘藍、豌豆、番茄、西瓜

從表二中可分成下列數種狀況：

1.NH_4—N優先吸收與pH無關者：草莓、玉米、洋香瓜、胡瓜、萵苣、鴨兒芹、芹菜、茼蒿。

2.pH 7時NH_4—N優先吸收，而pH 5時NO_3—N和NH_4—N同程度吸收者：茄、毛豆。

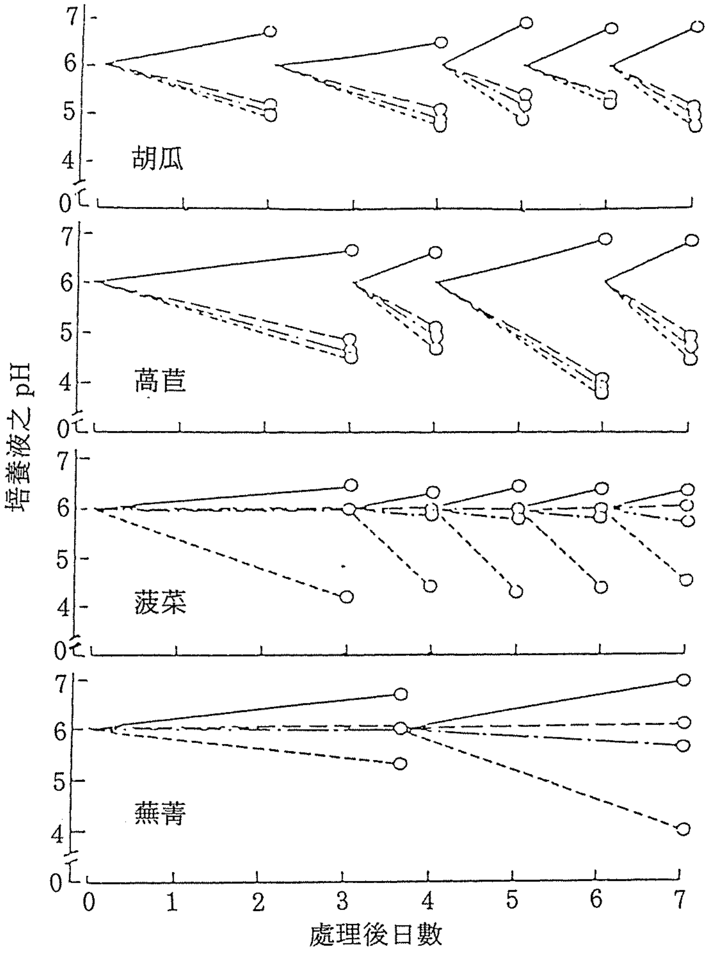
3.NO_3—N優先吸收與pH無關者：菠菜、白菜、蕪菁。

4.pH 5時NO_3—N優先吸收，而pH 7時NO_3—N和NH_4—N同程度吸收者：豌豆、菜豆、西瓜、番茄、甘藍。

5.pH 5時NO_3—N優先吸收，NH_4—N時優先吸收者：甜椒。

除上述培養液中，僅以NO_3—N爲氮源時，於栽培期間pH常有上升的趨向外，如以NH_4—N為氮源時則pH逐漸下降。作物如為NH_4—N優先被吸收者，培養液之pH會下降。但於NH_4—N吸收完畢時，pH並非不變化，反而上升。

培養液pH之變化，不僅依氮之形態有所影響，而且培養液中NO_3和NH_4以適當的比率供給的話，也可使pH的變化減少。例如圖一所示，胡瓜、萵苣不論NO_3和NH_4之比率多少，培養液中只要存在的話其pH會下降，但是菠菜和蕪菁的培養液中NO_3和NH_4之比率以10：2~8：4（me/ ℓ）供給的話，pH可長時間維持穩定。



NO_3/ NH_4 ——— 12/0 ，— — — 8/4
—·— 4/8 ，- - - - - 0/ 12，(me/ l)

圖一　培養液之 NO_3/ NH_4 與 pH 之變化（池田、大澤 1983）

水耕以NO_3和NH_4適當比率時，通常比NO_3單獨使用時生育良好。同時，由於NO_3之還元酵素的活性有賴光的存在，於弱光或光不足條件下，其活性降低，NO_3之吸收也隨而降低。因此，光不足的條件下則以NH_4之氮源較為有利，在秋冬季可略增加NH_4—N濃度，使光不足的生育差異得到改善。依日本安田、永井（1981）之試驗，NO_3：NH_4鴨兒芹以4：6，草莓以6：4則生育良好。番茄於冬季光照不足時以5：1～11.5：0.5，胡瓜以3：1以下時也可使生育正常。（安井、本田 1982）。鳳山熱帶園藝試驗分所以洋香瓜行不同NO_3/ NH_4比率試驗結果顯示，NH_4較高比率時，株高似有略高的現象（表三），但是葉片之乾物率反而降低（表四）。同時由於NH_4之高比率時，植體之含量鈣和鎂量降低（表五），果實之糖度則以NO_3/ NH_4比率為10：2～8：4較為良好（表三）。

番茄栽培於秋冬季時可以NO_3和NH_4並用，但是春季和夏季的高溫時期，雖然兩種氮源並用可使作物體生育促進，但是尻腐病果（Blossom—end rot）卻增加。因此春夏季最好以KH_2PO_4來代替$NH_4H_2PO_4$，使培養液不因NH_4—N的存在而發生理障害。

表三　培養液中之 NO_3 與 NH_4 比率對溫室洋香瓜之生育影響（沈，1988）

品　種	NO_3：NH_4	生長狀況*				果　實	
		株高（cm）	葉長（cm）	葉寬（cm）	莖粗（cm）	果重（g）	糖度（Brix）
Sapphire	12：0	115.2^{c}	11.4^{c}	16.2^{d}	6.2^{c}	1281.3^{a}	10.6^{ab}
	10：2	124.4^{bc}	15.0^{a}	22.5^{c}	7.9^{a}	1268.8^{ab}	11.5^{a}
	8：4	134.0^{b}	13.0^{b}	18.5^{b}	7.2^{bc}	1312.5^{a}	11.3^{a}
	6：6	153.4^{a}	14.6^{ab}	20.1^{a}	7.6^{cb}	1025^{b}	9.5^{b}
B-502	12：0	92.4^{a}	12.5^{a}	17.6^{bc}	6.7^{a}	1093.8^{b}	12.4^{a}
	10：2	94.9^{a}	12.9^{ab}	18.9^{ac}	7.0^{a}	1275^{a}	13.2^{a}
	8：4	102.5^{a}	13.8^{a}	20.0^{a}	7.5^{a}	1287.5^{a}	13.1^{a}
	6：6	93.7^{a}	12.0^{ab}	17.2^{b}	7.0^{a}	962.5^{c}	13.1^{a}
FS-30	12：0	129.4^{b}	10.8^{b}	16.4^{b}	6.4^{a}	1057.1^{c}	13.1^{b}
	10：2	155.2^{a}	13.4^{a}	19.5^{a}	7.1^{a}	1585.7^{a}	14.7^{a}
	8：4	156.8^{a}	12.7^{a}	17.9^{b}	6.3^{a}	1378.6^{b}	14.6^{a}
	6：6	157.0^{a}	12.7^{a}	18.1^{ab}	6.7^{a}	1178.6^{c}	12.6^{b}
Earl's	12：0	132.6^{b}	11.2^{b}	18.2^{b}	7.3^{a}	1400^{a}	10.4^{b}
	10：2	124.2^{b}	12.1^{ab}	18.8^{ab}	7.5^{a}	1387.5^{a}	13.3^{a}
	8：4	165.3^{a}	12.9^{a}	20.0^{a}	7.3^{a}	1512.5^{a}	11.7^{ab}
	6：6	154.8^{a}	11.5^{b}	17.6^{b}	6.6^{a}	1437.5^{a}	12.3^{a}

*授粉前一日（8月6日）調查（播種日期：6月23日，定植日期：7月8日）

表四　培養液中不同 NO_3/ NH_4 比率對溫室洋香瓜植體乾物率（％）的影響（沈，1988）

品　種	NO_3：NH_4	葉	莖
Sapphire	12：0	18.01^{a}	9.27^{a}
	10：2	19.02^{a}	9.46^{a}
	8：4	16.44^{b}	9.25^{a}
	6：6	13.89^{c}	9.27^{a}
B-502	12：0	15.24^{a}	8.5^{a}
	10：2	17.23^{a}	8.85^{a}
	8：4	15.20^{a}	9.01^{a}
	6：6	12.62^{b}	7.95^{a}

表五 培養液中不同 NO_3/ NH_4比率對洋香瓜植體要素含量之影響（沈，1988）

	NO_3：NH_4	N	P	K	Ca	Mg
葉	12：0	2.13	0.14	3.53	8.02	0.66
	10：2	2.05	0.15	2.22	8.73	0.59
	8：4	2.61	0.18	2.58	7.88	0.60
	6：6	2.84	0.17	2.89	6.60	0.50
莖	12：0	1.82	0.17	5.93	2.06	0.59
	10：2	1.79	0.17	6.14	1.65	0.59
	8：4	2.07	0.17	6.23	0.91	0.50
	6：6	2.08	0.15	6.07	1.15	0.45

三、作物之種類

各種作物之營養特性不同，如不適合的培養液管理則不但不能達到豐收或提高品質，而且易發生理障害，甚至整體無法收獲。在栽培期間如果培養液不平衡，pH或EC不穩定時，常需更換培養液的話，則肥料和用水費用會增加。葉菜類的培養液管理是要使葉片生長旺盛，但是果菜類的地上部如果過份的旺盛，則果實收量和品質皆降低。

同樣是果菜類的胡瓜和番茄的吸收濃度組成也不同，以日本園試處方所適者為胡瓜，而番茄所需之濃度較低。番茄如以此處方栽培時，因番茄吸收鉀較多而鈣較少。因此栽培之後期培養液中鈣濃度提高，致pH上升常引起培養液更新的需要。如能供給作物所適合的培養液時，栽培期間的組成和濃度就不會起多大的變化，而作物可期待正常的生育。此適合的培養液處方，為農家提供培養液管理上重要安全之關鍵。

適合作物的培養液處方，不僅是栽培期間的培養液組成和濃度的變化小，而且需要達成提高生產量或品質的效果。山崎等以作物吸收的要素量與水分的吸收量比，作成目前最廣泛被應用的水耕培養液。該培養液以作物別列於表六。此種以消耗的養液量，包括蒸散量、蒸發量和隨生長的吸收量在內所作成之培養液濃度，雖然不是正確為根吸收的濃度，但是具有培養液管理上濃度維持的意義。

上述作物之營養特性上濃度組成是很重要的。但是實際上要得到其正確的濃度或組成是非常困難的。因為植物所吸收的要素和水分，隨周圍的環境，如溫度和光等條件直接的影響，及栽培的方式的不同而有所差異，特分別說明於後。但是，栽培者要瞭解的是作物的吸收並非一固定的不變數值。因此一固定的不變的平衡培養液處方並不存在的。實際栽培管理上，個別的要素或水分的吸收所影響的因素得要切實的瞭解，針對此需要行適宜的對策，才是最好的方法。

四、生育階段

農家之經濟栽培時，通常以電導度計（EC　meter）測定全鹽之濃度，使培養液保持一定之值以補充肥料。其他也有以減水量為標準行肥料之補充的，或以培養液中NO_3—N之濃度行分析

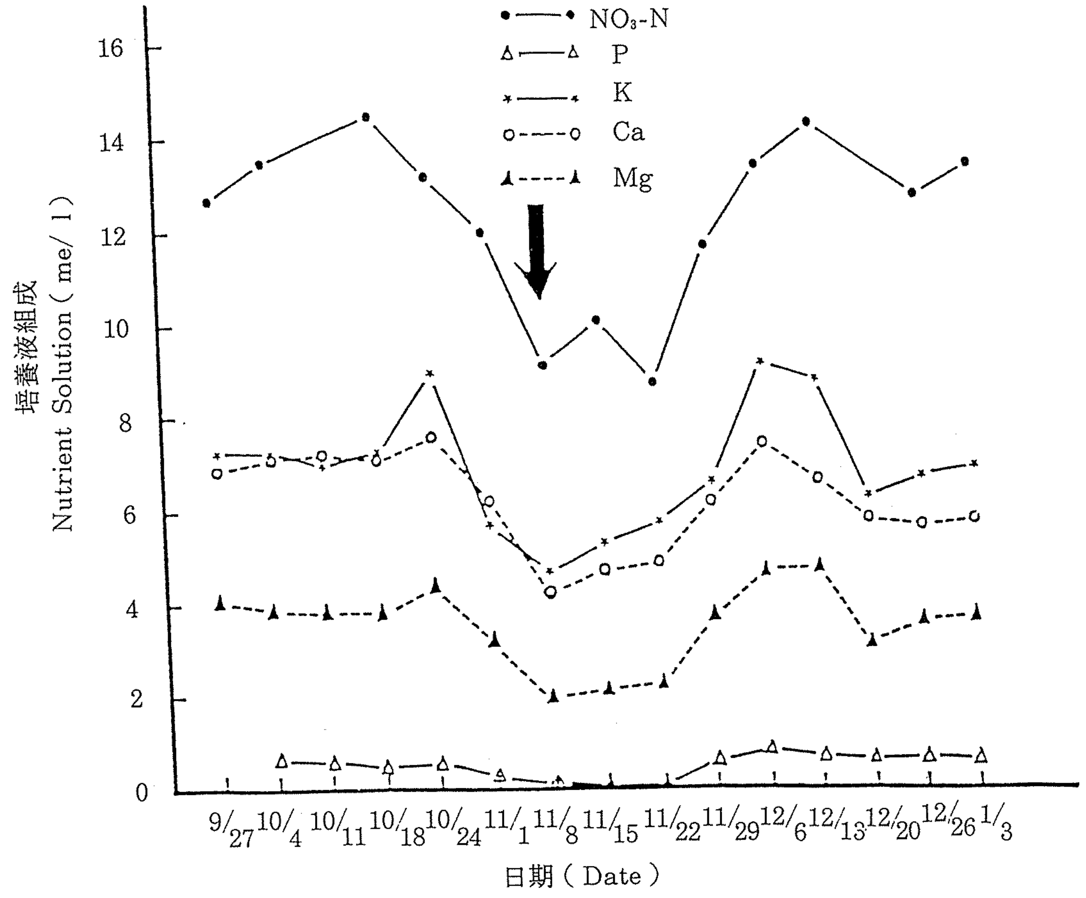
表六　日本山崎氏之作物別之適宜養液組成（公克／1,000公升）

作物別	硝酸鉀	硝酸鈣	硫酸鎂	磷酸一銨	EDTA鐵	成分濃度（me/ l）					電導度 mS/cm
						硝酸態氮	鉀	鈣	磷	鎂	
胡　瓜	610	830	500	120	20	13	6	7	3	4	2.0
洋香瓜	610	830	380	150	20	13	6	7	4	3	2.0
西　瓜	610	830	185	60	20	13	6	7	1.5	1.5	1.6
菠　菜	300	470	250	80	20	7	3	4	2	2	1.1
番　茄	400	360	250	80	20	7	4	3	2	2	1.1
草　莓	310	240	125	60	20	5	3	2	1.5	1	0.7
甜　椒	610	360	250	100	20	9	6	3	2.5	2	1.3
茄　子	710	360	250	120	20	10	7	3	3	2	1.5
萵　苣	400	240	125	60	20	6	4	2	1.5	1	0.8
茼　蒿	810	470	500	155	20	12	8	4	4	4	2.0
蕪　菁	510	240	125	60	20	7	5	2	1.5	1	0.9
鴨兒芹	710	240	250	190	20	9	7	2	5	2	1.6
康乃馨	400	590	310	80	20	9	4	5	2	2.5	1.3
玫瑰花	300	360	150	60	20	10	3	3	1.5	1.2	1.3
火鶴花	200	240	200	30	20	4	2	2	0.8	1.6	0.6
秋　菊	400	240	125	80	20	8	4	2	2	1	1.1
柑　桔	200	470	185	60	20	6	2	4	1.5	1.5	0.9
※葉　菜	707	354	246	152	20	10	7	3	4	2	1.6

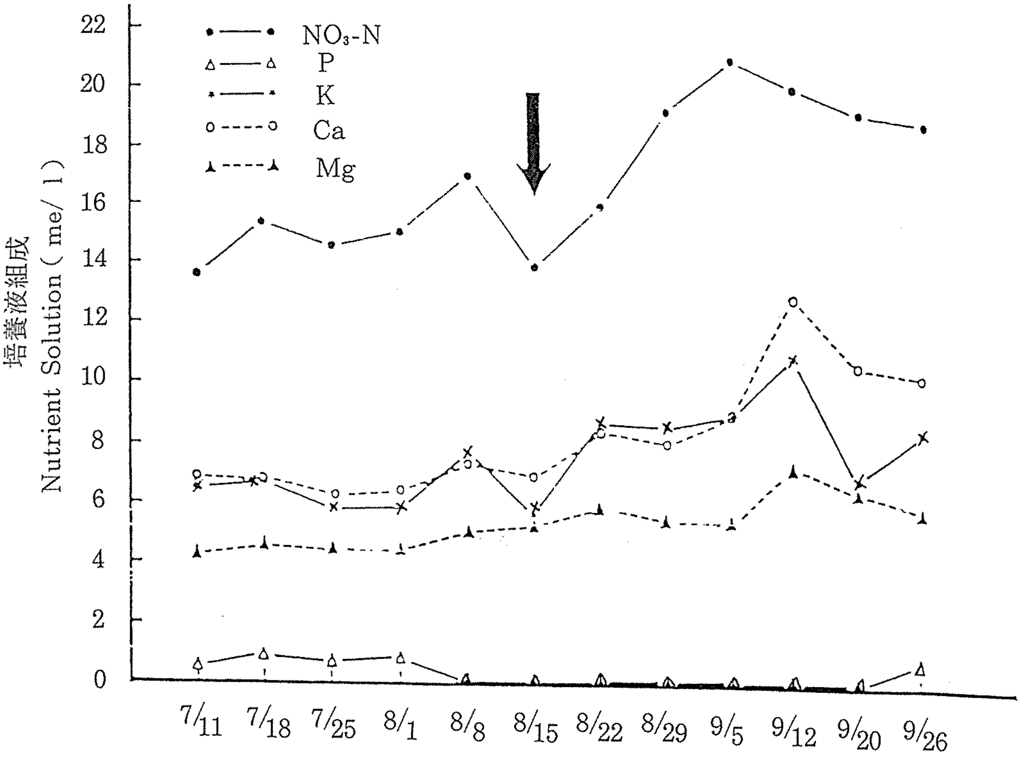
※係鳳山熱帶園藝試驗分所處方。

後，依減少NO_3—N量標準，其他成分也以同樣比例行補充之。此三種方法，皆依作物吸收要素的比例與培養液中要素的比例大致相同，所謂平衡培養液的想法為出發點。但是，作物不同的生育階段中吸收的要素比例不同，培養液中原來的要素比例就發生變化。

作物養分吸收的基本型式（patern）果菜類和蕹菜類有很大的差異，蕹菜類以植物體的生育良好為著眼，只要供給營養生長良好的養液就可以。例如蕹菜之栽培依表六之蕹菜肥料處方行栽培，可保持培養液之pH和EC很長的一段時期的穩定。因此，通常葉菜類栽培只要提供正確的營養生長的處方就可以了。然而果菜類收穫的目標為果實，不僅要植物體的生育而已，還要顧及開花、結實之生殖生長的適合培養液。果菜類的番茄和胡瓜，一方面是使植物體保持良好生長之同時，一方面需顧及使多開花與結果。因此，同屬於營養生長和生殖生長同時進行的營養管理型式。洋香瓜則又不然，植物體之營養生長後開花，每株僅留1～2個果實，使其到成熟的管理方式，其營養生長與生殖生長完全不同，依鳳山熱帶園藝試驗分所之試驗，洋香瓜之養分吸收大致可分開花前之營養生長期、授粉幼果期、果實肥大期、和果實成熟期四個不同之吸收階段。其變化如圖二和圖三。秋作時營養生長期大致穩定，授粉小果期吸收較高濃度之氮、鉀和鈣等，果實肥大期則吸收濃度降低，果熟成熟期又略爲提高，而夏作和秋作也略有不同。由於各生育時期所吸收的



圖二　秋作溫室洋香瓜品種水耕試驗栽培期間培養液五要素
（NO_3-N，P，K，Ca，Mg）組成之變化（沈、許 1987）



圖三　夏作溫室洋香瓜品種水耕試驗，培養液五要素（NO_3-N，P，K，Ca，Mg）組成之變化（沈、許 1987）

養分不同，以同樣不變的培養液供給的話，就容易引起養分之不平衡，導致pH和EC的變化。因此，今後對於適合各生長時期的供給各不同組成濃度培養液的管理方法是所需要開發的。就果菜類之番茄、胡瓜和洋香瓜之要點說明如下：

番茄於生育初期對各要素之吸收濃度較高，果實肥大期以後濃度需求降低（表七）。養分之吸收以氮之吸收濃度為1時，各要素之吸收濃度比較，鉀和鈣較大，而磷和鎂較小。許多報告指出鉀／氮比以重量爲單位計算在2.0或以上的管理為好。

表七　番茄之生育階段別的養分吸收濃度（me/ l，近藤1967）

生育階段	N	P	K	Ca	Mg
初期生育期	13.9（1.0）	4.0（0.29）	5.8（0.42）	6.6（0.49）	2.3（0.17）
果實肥大期	5.0（1.0）	1.7（0.34）	3.5（0.70）	3.4（0.68）	1.2（0.24）
果實收獲期	5.9（1.0）	2.0（0.34）	3.5（0.59）	3.9（0.66）	1.2（0.20）
全　期	6.9（1.0）	2.2（0.32）	3.8（0.55）	4.1（0.59）	1.4（0.20）

胡瓜以幼果收穫為主，每株之著果數多、收量高為目的。因此果實中的要素組成是培養液管理所必需考慮的要點。表八為胡瓜器官別的要素組成和含量。氮、鉀於植體內各器官皆含高濃度，綠葉上的氮比鉀含量高，然而莖和果實則鉀比氮含量高。鈣則於下部葉的含量較高，而葉部以外之器官含量低。收穫的單一果中所含的要素量（以克爲單位）以氮為100時，磷為20～30，鉀為110～120，鈣 6～7，鎂 6～7之比率。由於果實逐漸採收，所以鉀之補充當為重點。鈣的含量主要在葉片上，由於鈣在植體內之再移動為較難的元素，因此新葉展開時為植物生育所需，培養液中的鈣濃度得維持適當的濃度。

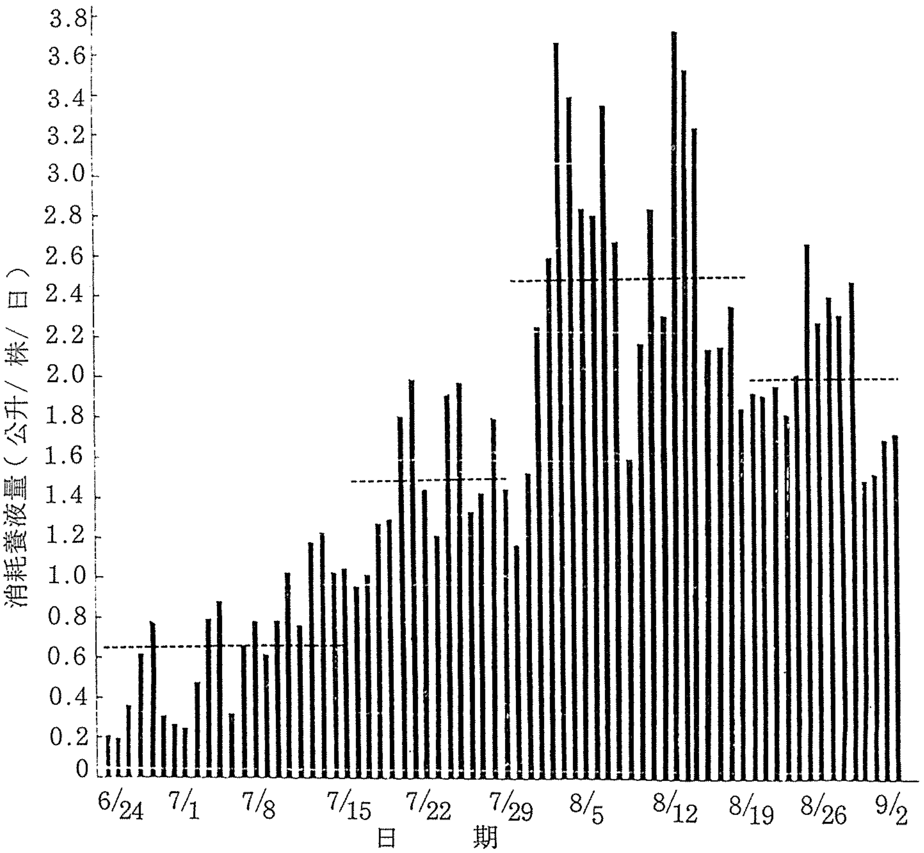
表八 胡瓜植體之器官別無機要素組成

		乾物濃度（%）					一個體之含量（g）				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
4月6日	葉	5.91	1.43	5.11	2.39	0.67	1.12	0.27	0.97	0.45	0.13
	莖	5.06	1.24	7.76	0.72	0.45	0.49	0.12	0.74	0.07	0.04
	成果	3.99	1.09	4.92	0.23	0.27	0.31	0.08	0.38	0.02	0.02
	幼果	5.11	1.36	5.76	0.36	0.41	0.17	0.05	0.19	0.01	0.01
6月7日	綠葉	5.48	0.63	4.72	5.73	0.65	1.81	0.21	1.56	1.89	0.22
	老葉	3.05	1.07	5.12	8.16	0.78	0.90	0.32	1.52	2.42	0.23
	莖	4.59	0.92	6.36	0.92	0.40	1.81	0.36	2.51	0.36	0.16
	成果	3.79	0.74	4.05	0.28	0.25	0.26	0.05	0.28	0.02	0.02
	幼果	5.40	0.99	5.23	0.48	0.39	0.18	0.03	0.18	0.02	0.01

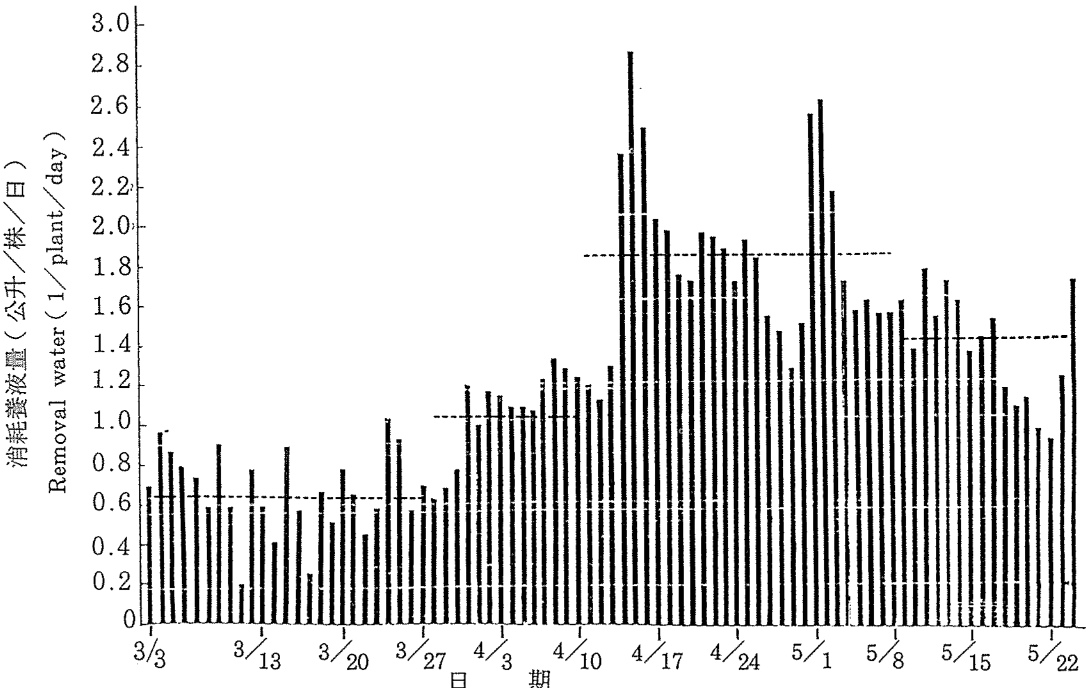
1月20日播種，2月28日定植，4月3日～7月16日收獲。

依鳳山熱帶園藝試驗分所以山崎氏洋香瓜培養液行洋香瓜之養液吸收量（包括吸收和蒸發散量）調查，每株每天夏季幼苗到開花期為0.66公升，開花到小果期為1.49公升，果實肥大期為2.46公升，果實成熟期為1.96公升，栽培期間為71日，平均每株每日消耗1.66公升（圖四）。

春季幼苗到開花期為0.67公升，開花期到小果期為1.05公升，果實肥大期為1.85公升，果實成熟期為1.39公升，栽培期間為82日，平均每株每日消耗1.27公升（圖五）。由於其養水分之吸收特性變化大，目前欲得到外觀網紋相當完整美麗，糖度高的果實，非要事先了解各時期的營養特性與其各時期的控制技術不可。尤其是網紋的發生時期到果實成熟期如何做好養液的管理，才能得良好的果實，尙待加強研究。



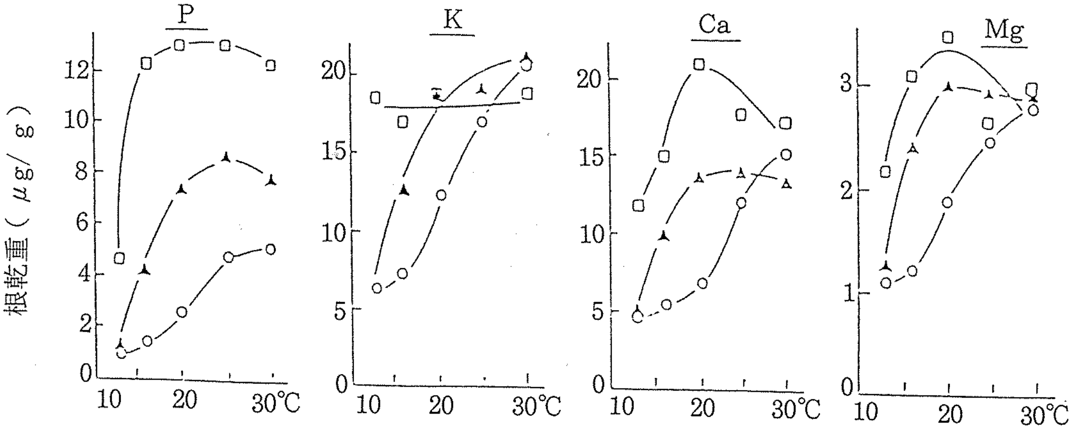
圖四　夏作溫室洋香瓜養液消耗量（沈1987）



圖五　春作洋香瓜養液消耗量（沈1987）

五、作物與環境條件

氣溫與栽培介質之溫度對養分吸收和運輸有很大之影響，一般溫度高時磷和鉀之吸收和運輸增加，但對鈣和鎂則不增加。山崎（1974）以番茄於高溫室（27～22℃）和低溫室（24～14℃）栽培三週後，高溫室之氮、鈣、鎂含量較低溫室之含量少。小川，橘（1976）以胡瓜的根溫對無機成分的吸收和運輸之影響行調查，結果發現鈣、鎂於超過20℃時，吸收減少，而鉀則隨溫度增到30℃為止，隨高溫而吸收增加。磷則20℃和30℃並無多大變異。並且品種間亦有差異（圖六）。以養液薄膜法栽培番茄，植物體之氮、磷、鉀含量與根溫之關係也有同樣的結果（表九）。



圖六　胡瓜之根溫與無機養分的吸收（小川、橘1976）

表九　栽培於養液薄膜法之番茄植物體的氮、磷、鉀含量與根溫之關係

根溫（℃）	氮（%）	磷（%）	鉀（%）
15	3.8	0.52	4.0
20	4.4	0.77	4.8
25	3.8	0.71	4.6
30	4.1	0.70	4.9

光之強度與光合產物有密切關係，於光合作用旺盛時根之養分吸收也多。依日本橘氏以番茄做Hoagland培養液不同濃度與光照關係試驗，於40Klux時以2倍濃度的光合成速度最大，13Klux時則以1/ 2倍濃度的光合成速度較高。1/ 5倍濃度時不論40Klux或13Klux的時光合成速率皆最低。該氏又指出，於光量較大時作物對培養液濃度的適宜範圍增大。光量較少時，培養液濃度較低的生育適宜濃度之範圍也減少。

六、栽培方式與吸收

養液栽培之分類上可分固體介質耕、水耕與噴霧耕。其各種栽培方式之養分供給也不同，固體介質耕目前以岩綿耕栽培面積最大，以荷蘭岩綿栽培作物別所供給之培養液列於表十。由於所供給之組成，常因氣象條件和生育階段等條件而變化，及荷蘭的用水中含有海水的成分如鈉、氯離子，如累積於岩綿內含量高時對作物發生毒害。同時經一段栽培期間後，其要素間吸收速度發生差異，例如果菜類栽培時對鉀的吸收速度快，而鈣之吸收慢，微量要素中錳於低濃度時也可吸收，而硼卻非在高濃度時不易吸收。因此，每週得測定岩綿之pH和EC至少2～3次，每月得抽取岩綿內之培養液成分分析一次，然後，依據表十一岩綿內之指標值，以分析之結果增減所供給培養液之組成。如果岩綿內之鹽類累積過多時，則需要以灌水或以新培養液沖洗使其維持適當的組成濃度。

其次，從日本所發展出來的深水耕方式（DFT）可以表六的養液組成，但是此組成是否適合於英國所發展出來的養液薄膜法（N.F.T）也得要檢討的。由於養液薄膜法所供給的養液量較少，於薄膜的養液循環中，如於高溫日照多時，其吸收和蒸發散量較大，養液之濃度組成和溫度之變化劇烈，因此英國NFT所用之理想培養液的濃度（表十二）較日本的番茄組成濃度較高些，而此組成濃度於熱帶地區是否適宜，也有待檢討的。

還有水耕的方式，尤其供氧的方法與根的養分吸收極為密切，於液溫高時溶氧量低（表十三），根之吸收機能降低，甚至褐化不能吸收。因此於高溫季節，以何種栽培方式更是得要慎重選擇。

表十　荷蘭岩綿栽培之培養液組成（Sonneveld and Krey, 1986）

成　　分	胡　瓜	番　茄	甜　椒	茄　子	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊　花
EC mS/ cm（25℃）	2.1	2.3	1.7	1.7	2.2	1.8	1.8	1.1	1.0	1.4
NO_3^- mmol/ l	15.7	13.5	12.25	12.0	15.0	13.0	13.0	6.5	3.8	10.5
$H_2PO_4^-$	1.50	2.0	1.25	1.5	1.75	1.75	1.5	1.0	1.0	1.0
SO_4^{--}	1.25	3.5	1.25	1.0	1.5	1.50	1.25	1.5	2.3	1.0
NH_4^+	0.5	0.5	0.25	0.5	0.5	0.75	0.5	0.5	1.0	0.5
K^+	8.0	9.5	6.0	6.0	7.25	6.0	6.5	4.5	3.2	5.0
Ca^{++}	4.25	4.75	3.75	3.0	4.75	4.5	4.0	1.75	1.7	3.0
Mg^{++}	1.375	1.5	1.125	1.5	1.25	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
Fe μ[illegible]	15	15	10	10	25	25	35	15	8	60
[illegible]	10	10	10	10	10	5	5	3	20	20
Zn	5	5	4	4	4	3.5	4	3	4	3
B	25	25	25	20	25	20	30	20	20	20
Cu	0.75	0.75	0.5	0.5	0.75	0.75	0.75	0.5	0.4	0.5
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5

表十一　荷蘭之岩綿內之指標值

成　　分	胡　瓜	番　茄	甜　椒	茄　子	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊花 *
EC mS/ ㎝ (25℃)	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.2	2.2	1.3	1.0	1.7
NO_3^- mmol/ l	18.0	16.0	14.0	15.0	14.0	12.5	13.0	6.0	2.8	10.0
$H_2PO_4^-$	1.5	1.5	1.0	1.0	1.25	1.5	1.25	0.75	0.7	0.75
SO_4^{--}	3.5	4.5	2.5	2.5	3	3.0	3.0	2.0	2.8	2.0
NH_4^+	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.2	<0.5
K^+	8.0	7.0	5.0	5.0	7.0	6.0	6.0	3.5	2.8	5.0
Ca^{++}	6.5	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.25	2.5	3.5
Mg^{++}	3.0	3.0	2.5	3.5	2.25	2.0	2.0	1.5	1.2	1.5
Fe μ mol/ l	15	15	15	15	20	25	40	15	8	80
Mn	7	7	7	7	5	3	3	2	8	10
Zn	7	7	5	5	5	3.5	5	4	4	5
B	60	50	50	50	50	20	40	40	20	20
Cu	0.8	0.7	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* 循環式水耕

表十二　英國養液薄膜法 (NFT) 之理想濃度 (1,000公升水)

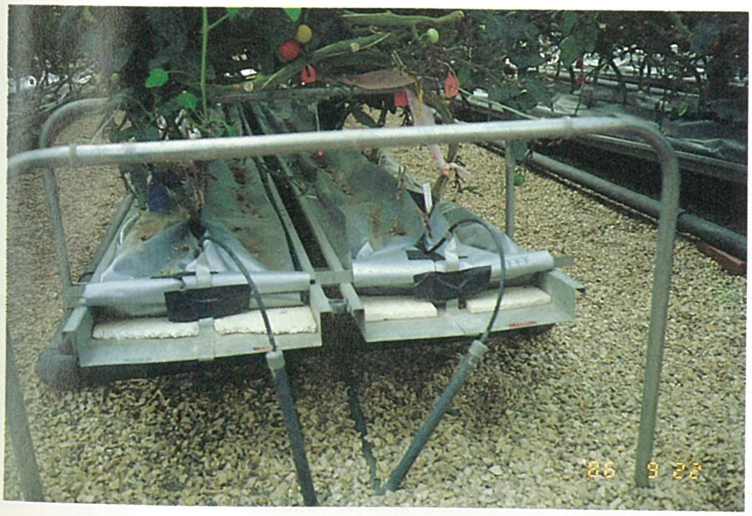
肥料鹽		重量 (公克)
第一磷酸鉀	KH_2PO_4	263
硝酸鉀	KNO_3	583
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	1,003
硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	513
Fe-EDTA	$[CH_2 \cdot N(CH_2COO)_2]_2FeNa$	79
硫酸錳	$MnSO_4 \cdot H_2O$	6.1
硼　酸	H_3BO_3	1.7
硫酸銅	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.39
銅酸銨	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 7H_2O$	0.37
硫酸鋅	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.44

表十三　液溫與飽和溶氧量

溫度（℃）	ml/ l	ppm
1	9.96	14.2
5	8.96	12.8
10	7.91	11.3
15	7.11	10.2
20	6.42	9.2
25	5.86	8.4
30	5.34	7.6
35	4.83	6.7

（1 ml/ l≒1.4 ppm，1 ppm≒0.7 ml/ l）

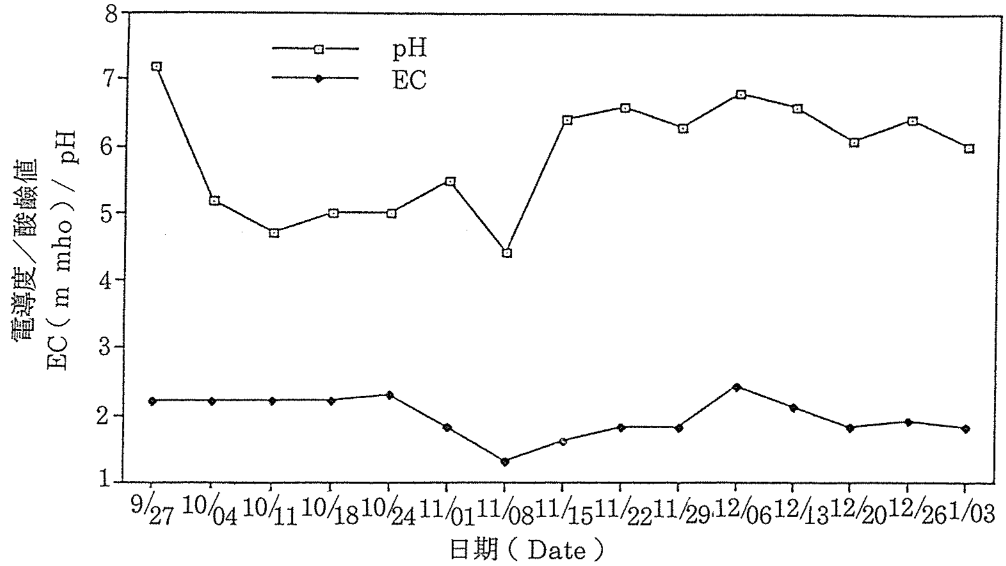
照片1.　不同NO_3／NH_4比率對洋香瓜之生育影響
左NO_3：NH_4＝10：2
右NO_3：NH_4＝ 8：4



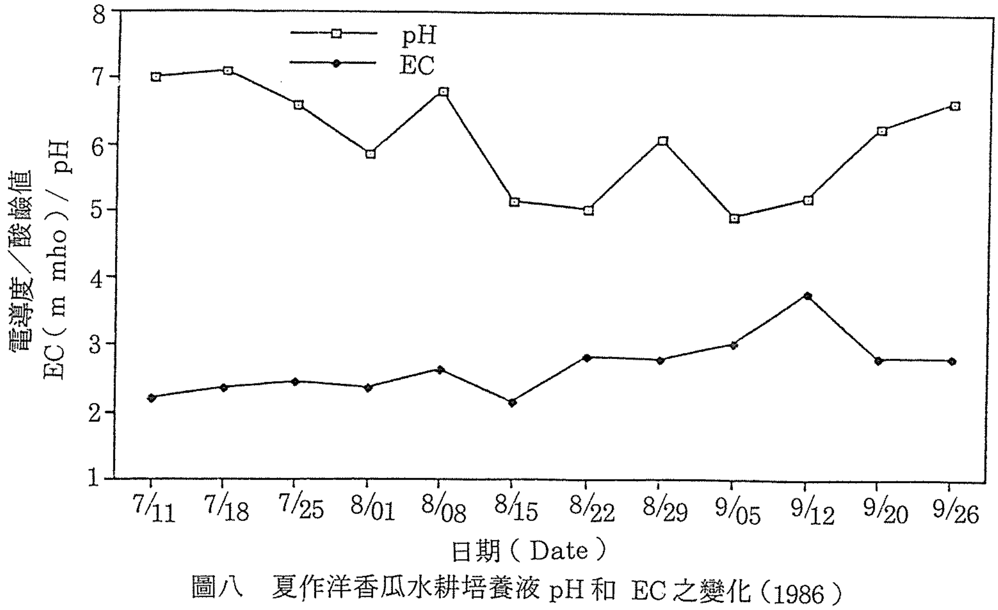
照片2.　英國之番茄的養液薄膜栽培（NFT）

七、栽培季節

不同季節的日照、溫度、濕度等條件有所不同，作物的吸收就有所差異，例如鳳山熱帶園藝試驗分所以山崎氏洋香瓜培養液栽培洋香瓜，秋作時的養液電導度變化較為平穩，但是夏作時其電導度則逐漸升高。可見於夏季的吸收濃度較低，秋季則吸收濃度較高而與所供給養液幾乎達平衡。要素之吸收也有相同的現象，夏作較秋作培養液中的要素的濃度有逐漸升高的現象，表示吸收濃度較低（圖七和圖八）。尤其是夏季對於鈣和鎂的吸收較秋冬季明顯的降低，因此，培養液中餘留鈣和鎂的濃度較高。可見於本省夏季高溫強日的季節，作物的蒸發散量和吸收量較大時，對於濃度和組成也有所變化，其養液之管理也得要注意。



圖七 秋作洋香瓜水耕培養液 pH 和 EC 之變化（1985）



圖八 夏作洋香瓜水耕培養液 pH 和 EC 之變化（1986）

參考文獻

1. 沈再發 1985 數種蔬菜之水耕栽培初步試驗 夏季蔬菜生產改進研討會專輯 193—212。
2. 沈再發 1987 葉萵苣浮根式水耕之養分吸收 中華農業研究 36(4)：372—380。
3. 沈再發 1988 荷蘭及英國養液栽培之概況 中國園藝 34(1)：13—26。
4. 沈再發、許淼淼 1987 洋香瓜之水耕試驗 設施園藝研討會專集 95—108。
5. 沈再發 1989 NO_3/ NH_4比率和養液深度對溫室洋香瓜生育之影響 中華農業研究 38(1)：53—71.
6. 山崎肯哉 1982 養液栽培全編 博友社。
7. 池田英男 1986 作物の培養特性ガフゐ培養液管理 農業および園藝 61(1)：205—211。
8. 鈴木芳夫 1986 培養液管理組成と濃度 養液栽培の新技術 25—30。
9. Resh, Howard M. 1981. Hydroponic food production. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California。
10. Sonneveld C. and C. De Krey. 1986. Nutrient solution for vegetables and flowers growers growing in water on substrate. Voeding—Soplossingen Glastuinbow No.8.